Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Навчально-науковий інститут фізико - технічних та комп'ютерних наук

Кафедра термоелектрики та медичної фізики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Директор навчально-наукового інституту
фізико-технічних та комп'ютерних наук

_____ Олег АНГЕЛЬСЬКИЙ

"09" ___серпня_____ 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

Термодинаміка й статистична фізика

(обов'язкова)

Освітньо-професійна програма *Прикладна фізика та наноматеріали*

Спеціальність *105 Прикладна фізика та наноматеріали*

Галузь знань *10 Природничі науки*

Рівень вищої освіти *Перший (бакалаврський)*

Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

Мова навчання *Українська*

Чернівці 2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни **«Термодинаміка й статистична фізика»** складена відповідно до освітньо-професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали» підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 Природничі науки, затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № 6 від «26» травня 2022 року).

Розробник:
Маханець Олександр Михайлович, професор, доктор фізико-математичних наук, професор.

Викладач:
Маханець Олександр Михайлович, професор, доктор фізико-математичних наук, професор.

Погоджено з гарантом ОП і затверджено на засіданні кафедри термоелектрики та медичної фізики ННІФТКН ЧНУ імені Юрія Федьковича

Протокол № 1 від 09 серпня 2024 року

В.о. завідувача кафедри К.Ф.Г Кобилянський Р.Р.

Схвалено методичною радою ННІФТКН

Протокол № 1 від 09 серпня 2024 року

Голова методичної ради ННІФТКН Козярський І.П.

Пояснювальна записка

Мета навчальної дисципліни

Мета даної дисципліни полягає в тому, щоб бакалаври зі спеціальності "Прикладна фізика та наноматеріали" отримали певні професійні знання зі статистичної фізики і термодинаміки. У результаті вивчення курсу студенти отримають детальне розуміння поведінки різних макроскопічних систем у стані термодинамічної рівноваги.

Пререквізити. Для успішного вивчення дисципліни «Термодинаміка й статистична фізика» студенти повинні опанувати такі курси: «Математичний аналіз», «Основи векторного і тензорного аналізу», «Диференціальні та інтегральні рівняння», «Методи математичної фізики», «Теоретична механіка й основи механіки суцільних середовищ», «Електродинаміка», «Квантова механіка».

Завдання вивчення навчальної дисципліни:

- Засвоєння фундаментальних законів термодинаміки та статистичної фізики.
- Формування уявлень про структуру фазового простору та поведінку макроскопічних систем у стані термодинамічної рівноваги.
- Вивчення функцій розподілу та їхнє застосування для знаходження середніх значень фізичних величин для макроскопічних систем.
- Опрацювання методів дослідження макроскопічних систем методами статистичної фізики.
- Оволодіння поняттями квантової статистичної фізики.
- Аналіз теорії теплоємності газів та кристалічних твердих тіл з точки зору статистичної фізики..
- Розвиток уміння застосовувати математичні методи та фізичні моделі для розв’язування задач термодинаміки й статистичної фізики.

1. Результати навчання

Відповідно до освітньо-професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали», вивчення дисципліни «Термодинаміка й статистична фізика» сприяє формуванню у здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти таких ***компетентностей***:

Інтегральна компетентність:

ІК. Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов

Загальних:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Фахових:

ФК2. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.

ФК6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем

Програмних результатів навчання:

РН1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв’язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

РН2. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

РН3. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв’язанні практичних проблем прикладної фізики.

РН4. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

РН12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

Отримані знання та навички дадуть змогу студентам аналізувати та моделювати поведінку макроскопічних систем з великою кількістю частинок, розв’язувати задачі

термодинаміки й статистичної фізики та застосовувати основні принципи статистичної фізики у фізичних дослідженнях.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

Основні ідеї, поняття, принципи і методи статистичної фізики;.

Фізичний зміст та математичну форму функцій розподілу ізольованої системи і системи в термостаті.

Поняття ентропії системи.

Основні закони термодинаміки та їхнє обгрунтування статистичною фізикою.

Поняття про характеристичні функції у термодинаміці.

Теорію електромагнітного випромінювання.

Теорію теплоємності газів і твердих тіл, як класичну, так і квантову.

Функції розподілу класичного ідеального газу Максвела і Больцмана.

Функції розподілу квантового ідеального газу (Бозе-Ейнштейна та Фермі-Дірака).

уміти:

Розв'язувати задачі і робити висновки із використанням основних методів статистичної фізики

Розв'язувати задачі термодинаміки й статистичної фізики з використанням аналітичних методів.

Обчислювати середні значення фізичних величин для макроскопічних систем.

Застосовувати мікроканонічний розподіл та канонічний розподіл Гіббса.

Використовувати характеристичні функції для обчислення різноманітних термодинамічних параметрів.

Аналізувати електромагнітне випромінювання з точки зору статистичної фізики.

Аналізувати теплоємність газів та кристалічних твердих тіл з точки зору статистичної фізики.

Розраховувати характеристики найпростіших макроскопічних систем.

Аналізувати поведінку квантових частинок у кристалічних твердих тілах.

Опис змісту робочої програми навчальної дисципліни

Загальна інформація про розподіл годин

Назва навчальної дисципліни Термодинаміка й статистична фізика												
Форма навчання	Курс	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	4	8	6	180	2	60	24			96		екзамен

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1	**Класична статистична фізика і термодинаміка**					
Тема 1. Основні поняття макроскопічного та мікроскопічного підходу до вивчення систем..	26	8	4			14
Тема 2. Основні положення класичної статистичної фізики.	30	10	4			16
Тема 3 Статистичне обгрунтування термодинаміки.	30	10	4			16
Тема 4. Характеристичні функції.	4	2				2
Разом за ЗМ 1	***90***	***30***	***12***			***48***

Змістовий модуль 2	Застосування статистичної фізики до найпростіших систем. Квантова статистична фізика.					
Тема 5. Властивості ідеальних систем.	22	7	3			12
Тема 6. Властивості неідеальних систем.	22	7	3			12
Тема 7. Основи квантової статистичної фізики.	24	8	4			12
Тема 8. Застосування квантової статистичної фізики до макроскопічних систем.	22	8	2			12
Разом за ЗМ 2	***90***	***30***	***12***			***48***
Усього годин	**180**	**60**	**24**			**96**

Тематика лекційних занять з переліком питань

Тема 1. Основні поняття макроскопічного та мікроскопічного підходу до вивчення систем. Макроскопічна система та її параметри. Стан термодинамічної рівноваги. Внутрішні та зовнішні термодинамічні параметри. Прості системи. Ідеальний газ. Адитивні та інтенсивні параметри. Середнє значення фізичної величини. Поняття флуктуації. Постулати термодинаміки. Квазістатичні і нестатичні процеси. Внутрішня енергія. Робота і теплота. Елементарна робота. Мікроскопічне визначення стану системи. Фазовий простір.

Тема 2. Основні положення класичної статистичної фізики. Обчислення середніх значень фізичних величин – основне завдання статистичної фізики. Функція розподілу системи. Теорема Ліувілля. Роль енергії у визначенні функції розподілу. Мікроканонічний розподіл. Ергодна гіпотеза. Система в термостаті. Канонічний розподіл Гіббса. Аналіз канонічного розподілу Гіббса. Поняття температури. Взаємозаміна мікроканонічного і канонічного розподілів. Поняття ентропії. Закон зростання ентропії.

Тема 3. Статистичне обгрунтування термодинаміки. Термодинамічні параметри як середні значення відповідних мікроскопічних величин. Узагальнена сила. Вільна енергія системи. Перше начало термодинаміки. Вічний двигун першого роду. Друге начало термодинаміки для квазістатичних процесів. Рівність Клаузіуса. Друге начало термодинаміки для нестатичних процесів. Нерівність Клаузіуса. Вічний двигун другого роду. Цикл Карно. Оборотні і необоротні процеси. Характеристичні функції. Поняття ентальпії Система зі змінним числом частинок. Термодинамічний потенціал Ω. Неаддитивність ентропії ідеального газу. Парадокс Гіббса. Умова рівноваги ізольованої системи. Розподіл Гіббса для системи зі змінним числом частинок. Теплова теорема Нернста (третє начало термодинаміки).

Тема 4. Характеристичні функції. Ентропія, внутрішня енергія, ентальпія, термодинамічний потенціал.

Змістовий модуль 2. Застосування статистичної фізики до найпростіших систем. Квантова статистична фізика.

Тема 5. Властивості ідеальних систем. Розподіл Максвела. Середня, середньоквадратична та найбільш ймовірна швидкості частинок. Ідеальний газ. Розподіл Максвела-Больцмана. Барометрична формула. Частинки атмосфери в полі тяжіння планети. Теорема про рівномірний розподіл енергії за степенями вільності. Класична теорія теплоємності газів та твердих кристалічних тіл. Закон Дюлонга-Пті. Рівноважне електромагнітне випромінювання, як сукупність лінійних гармонічних осциляторів. Частотний розподіл осциляторів континуума. Формула Релея-Джінса.

Тема 6. Властивості неідеальних систем. Вільна енергія реального газу. "Парні" взаємодії. Сили Ван – дер – Ваальса. Сили взаємодії між молекулами. Рівняння стану неідеального газу (рівняння Ван – дер - Ваальса).

Тема 7. Основи квантової статистичної фізики. Квантові особливості мікрооб’єктів і визначення мікростану у квантовій статистиці. Хвильова функція. Дискретність зміни енергії. Спін. Принцип Паулі. Основні співвідношення квантової статистичної фізики. Квантовий мікроканонічний і канонічний розподіли. Статистична сума. Квантовий ідеальний газ. Розподіли

Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна. Властивості розподілів Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна. Порівняння класичного і квантового розподілів. Температура виродження. Сильно вироджений ферміонний та бозонний гази. Бозе-Ейнштейнівська конденсація.

Тема 8. Застосування квантової статистичної фізики до макроскопічних систем. Квантовий лінійний гармонічний осцилятор. Середня енергія квантового лінійного гармонічного осцилятора. Квантова теорія теплоємності твердих тіл (за Ейнштейном). Квантова теорія теплоємності твердих тіл (за Дебаєм). Функція Дебая. Температура Дебая. Формула Планка для рівноважного електромагнітного випромінювання. Формула і закон зміщення Віна. Закон Стефана-Больцмана. Рівноважне випромінювання, як ідеальний газ фотонів.

Тематика практичних занять з переліком питань

№	Назва теми (завдання)
1.	Формула Стірлінга
2.	Обчислення інтегралів Пуасона
3.	Г - функція
4.	Знаходження канонічно спряжених імпульсів матеріальної точки у різних системах координат
5.	Побудова фазових траекторій руху матеріальної точки
6.	Фазова траекторія ЛГО та фізичного маятника
7.	Задачі на обчислення середніх характеристик ідеального газу
8.	Середні характеристики класичного ЛГО
9.	Задачі, в яких використовується розподіл Максвела
10.	Задачі, в яких використовується розподіл Больцмана
11.	Розв'язування задач зі знаходження статистичного інтегралу
12.	Знаходження середньої енергії квантового ЛГО
13.	Розв'язування задач зі знаходження статистичної суми
14.	Задачі з використанням розподілу Фермі-Дірака
15.	Задачі з використанням розподілу Бозе-Ейнштейна

Завдання для самостійної роботи студентів

№	**Назва теми**
1.	Вивести теорему Ліувілля
2.	Вивести великий канонічний розподіл
3.	Вивести рівняння стану неідеального газу
4.	Теорія броунівського руху
5.	Теплова теорема Нернста

Контроль виконання завдань, винесених на самостійне опрацювання проводиться в рамках модульного контролю. Бали за цю роботу входять у загальну кількість балів за конкретний модуль.

Методи навчання

Методи навчання:

лекції: проблемний виклад, частково-пошукові та дослідницькі методи, презентації, бесіди і дискусії;

практичні заняття: репродуктивний метод, дослідницький метод;

лабораторні заняття: метод проблемного підходу, дослідницький метод.

Самостійна робота студентів передбачає: конспектування лекційного матеріалу; вивчення теоретичного матеріалу лекційних занять та опрацювання літературних джерел, рекомендованих цією програмою; проведення розрахунків та підготовку звітів з практичних та лабораторних робіт.

Інтерактивні методи навчання: застосуванням електронних мультимедійних комплексів навчальних дисциплін та ресурсів, а також платформи для дистанційного навчання Moodle (https://moodle.chnu.edu.ua).

Форми навчальних занять: лекції, лабораторні заняття, практичні заняття, консультації.

Система контролю та оцінювання

Методи контролю

У процесі оцінювання навчальних досягнень застосовуються методи усного і письмового контролю, зокрема такі **засоби оцінювання** та демонстрування результатів навчання:

- *засоби усного контролю*: індивідуальне опитування, фронтальне опитування, презентації результатів виконаних завдань;
- *засоби письмового контролю*: контрольні роботи, тестування, самостійні роботи, виконання та захист лабораторних;
- *засоби самоконтролю*: уміння самостійно оцінювати свої знання, самоаналіз.

У разі проведення навчального процесу та оцінювання у дистанційній формі використовуються засоби Moodle (у тому числі тестування; https://moodle.chnu.edu.ua https://www.classtime.com/).

Система оцінювання знань є накопичувальною (складається із суми балів за різними видами здійсненого контролю).

Форми контролю

Основними формами поточного контролю є:

- усні відповіді студентів;
- виконання тестових завдань з метою перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу за навчальними темами;
- усна відповідь студента при здачі лабораторної роботи;
- виконання модульної контрольної роботи (тестування та розв'язання навчально-професійних задач).

Зазначені форми контролю на лекційних, практичних та лабораторних заняттях є обов'язковими для всіх студентів.

Форма підсумкового контролю – екзамен.

Критерії оцінювання поточного та підсумкового контролю навчальних досягнень

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів за результатами поточного контролю

Критеріями оцінювання навчальних досягнень студентів за результатами поточного контролю є:

- Знання теоретичного матеріалу
- Практичні навички
- Самостійність і критичне мислення
- Якість виконання завдань
- Активність на заняттях
- Дотримання термінів виконання завдань
- Академічна доброчесність

Розподіл балів, які отримують студенти за модулі

Поточне оцінювання (*аудиторна, самостійна робота та модульний контроль*)		Кількість балів (екзамен)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль №2		
Т1,Т2, Т3,Т4	Т5,Т6,Т7,Т8		
30	**30**	**40**	**100**

Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8 – теми змістових модулів.

Критерії підсумкового оцінювання результатів навчання студентів з навчальної дисципліни

Критерієм підсумкового оцінювання є досягнення студентом певних знань передбаченим результатом навчання, коли студент опанував теоретичними та практичними знаннями навчальної дисципліни.

На екзамен виносяться питання теоретичних знань і практичних навиків студентів з навчальної дисципліни. Екзаменаційні білети містять два теоретичних питання і одну практичну

задачу.

Теоретичні питання (пункт 1 і 2 білетів) оцінюються максимальною кількістю балів рівною 15 за наступними критеріями:

- **13-15 балів**: коли студентом дані правильні вичерпні відповіді на всі поставлені запитання.
- **9-12 балів**: коли студентом дані правильні відповіді на всі поставлені запитання, але відповіді не зовсім повні, в окремих випадках допущені незначні неточності у формулюванні, окремі моменти не дістали належного з'ясування.
- **6-8 балів**: коли відповідь студента правильна і становить більше половини матеріалу, що містять питання згідно програми, але присутні істотні помилки.
- **0-5 балів**: коли не дано правильні відповіді на поставлені запитання, або відповіді надто поверхові, непослідовні і неточні.

Практичне завдання (пункт 3 білетів) оцінюються максимальною кількістю балів рівною 10 за наступними критеріями:

- **10 балів** – Завдання виконано повністю правильно, обґрунтовано, оформлено логічно й структуровано.
- **8–9 балів** – Загалом правильно, але є незначні неточності.
- **6–7 балів** – Основна ідея правильна, але є кілька помітних помилок.
- **4–5 балів** – Присутня спроба виконання завдання, але є серйозні.
- **2–3 бали** – Невірний підхід або значні помилки при виконанні завдання.
- **1 бал** – Слабка спроба виконання завдання без логічного пояснення.
- **0 балів** – Завдання не виконане і спроб виконання не було.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Рейтингова оцінка з дисципліни	Оцінка за шкалою ЄКТС	Екзаменаційна оцінка за національною шкалою	Залік за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)	Зараховано
80-89	B	4 (добре)	
70-79	C	4 (добре)	
60-69	D	3 (задовільно)	
50-59	E	3 (задовільно)	
35-49	Fx	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання	Не зараховано
1-34	F	2 (незадовільно) з повторним опрацюванням освітнього компонента	

Критерії підсумкової оцінки як показника результатів вивчення навчальної дисципліни

Згідно шкали ЄКТС загальна кількість балів, яку студент може отримати у процесі вивчення дисципліни, становить 100 балів, з яких 60 балів студент набирає при поточних видах контролю і 40 балів – у процесі підсумкового контролю (екзамен).

Таким чином знання студентів оцінюється як з теоретичної, так і з практичної підготовки за такими критеріями:

«А» ***90-100 балів*** ставиться у разі, якщо студент:	– постійно готувався до занять згідно з програмою дисципліни; – глибоко та всебічно розкривав зміст питань; – показав уміння формулювати висновки, узагальнювати та аналізувати навчальний матеріал; – показав уміння вільно виконувати завдання; – переконливо та логічно викладав матеріал, проявляв творчий підхід до виконання практичних завдань та підготовки до лабораторних робіт;

	– належним чином виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю або допускав при усних відповідях та тестуванні окремі незначні неточності.
«B» ***80-89 балів*** ставиться у разі, якщо студент:	– розкривав згідно з програмою дисципліни зміст питань; – робив узагальнення та висновки з окремих питань; – виконав усі лабораторні роботи; – виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але недостатньо використовував додаткову літературу; – при усних відповідях не досить повно і аргументовано викладав матеріал, а при тестуванні мали місце окремі неточності; – не проявив творчий підхід до виконання індивідуальних завдань та наукових повідомлень.
«C» ***70-79 балів*** ставиться у разі, якщо студент:	– розкривав згідно з програмою дисципліни зміст питань; – формулював висновки з окремих питань практичних занять; – брав участь у виконанні практичних завдань; – виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але допускав окремі неточності при усних відповідях, тестуванні; – не проявляв належної активності на лекційних та лабораторних заняттях, недостатньо використовував додаткову літературу; неохайно виконував завдання лабораторних робіт.
«D» ***60-69*** ставиться у разі, якщо студент:	– відповідав на окремі питання, які обговорювалися; – формулював висновки з окремих питань; – виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але допускав окремі неточності; – не проявляв належної активності на лабораторних заняттях та старанності при виконанні завдань для самостійної роботи; – недостатньо використовував додаткову літературу, не належним чином виконав практичні завдання; – виконав не всі завдання для самостійної роботи
«E» ***50-59 балів*** ставиться у разі, якщо студент:	– відповідав на окремі питання, які обговорювалися; – виконував окремі завдання для самостійної роботі; – виконав завдання модульного контролю, але допускав неточності при усних відповідях (будуючи свою відповідь на звичайному повторенні навчального матеріалу без його осмислення), тестуванні; – не проявляв належної активності на практичних заняттях, старанності при виконанні завдань для самостійної роботи; – недостатньо використовував основну та додаткову літературу; – не належним чином виконував індивідуальні завдання.
«Fx» ***35-49 балів*** ставиться у разі, якщо студент:	– поверхнево розкривав зміст питань, які розглядалися; – допускав суттєві помилки при усних та письмових відповідях; – поверхнево ознайомився з рекомендованою літературою; – частково виконав завдання для самостійної роботи; – не проявляв активності на практичних заняттях; – допускав принципові помилки під час виконання завдань; – не виконав завдання модульного контролю.
«F» ***1-34 балів*** ставиться у разі, якщо студент:	– поверхнево розкривав зміст питань, які розглядалися; – допускав суттєві помилки при усних та письмових відповідях; – поверхнево ознайомився з рекомендованою літературою; – не виконав завдання для самостійної роботи; – не виконав практичне завдання; – на підсумковому занятті не вміє відтворити зміст окремих питань, передбачених програмою дисципліни;

	– не виконав завдання модульного контролю.

Перелік питань для самоконтролю та контролю навчальних досягнень студентів з навчальної дисципліни

Питання для поточного контролю

Змістовний модуль 1.

1. Макроскопічна система та її параметри.
2. Стан термодинамічної рівноваги.
3. Внутрішні та зовнішні термодинамічні параметри. Прості системи.
4. Ідеальний газ. Адитивні та інтенсивні параметри. Середнє значення фізичної величини. Поняття флуктуації. Постулати термодинаміки.
5. Квазістатичні і нестатичні процеси. Внутрішня енергія. Робота і теплота. Елементарна робота.
6. Мікроскопічне визначення стану системи. Фазовий простір.
7. Обчислення середніх значень фізичних величин – основне завдання статистичної фізики. Функція розподілу системи.
8. Теорема Ліувілля. Роль енергії у визначенні функції розподілу.
9. Мікроканонічний розподіл. Ергодна гіпотеза.
10. Система в термостаті. Канонічний розподіл Гіббса.
11. Аналіз канонічного розподілу Гіббса. Поняття температури.
12. Взаємозаміна мікроканонічного і канонічного розподілів. Поняття ентропії.
13. Закон зростання ентропії.
14. Термодинамічні параметри як середні значення відповідних мікроскопічних величин.
15. Узагальнена сила.
16. Вільна енергія системи.
17. Перше начало термодинаміки.
18. Вічний двигун першого роду.
19. Друге начало термодинаміки для квазістатичних процесів.
20. Рівність Клаузіуса.
21. Друге начало термодинаміки для нестатичних процесів.
22. Нерівність Клаузіуса. Вічний двигун другого роду. Цикл Карно.
23. Оборотні і необоротні процеси.
24. Характеристичні функції.
25. Поняття ентальпії
26. Система зі змінним числом частинок.
27. Термодинамічний потенціал Ω.
28. Неаддитивність ентропії ідеального газу.
29. Парадокс Гіббса.
30. Умова рівноваги ізольованої системи.
31. Розподіл Гіббса для системи зі змінним числом частинок.
32. Теплова теорема Нернста (третє начало термодинаміки).
33. Характеристичні функції

Змістовний модуль 2.

1. Розподіл Максвела.
2. Середня, середньоквадратична та найбільш ймовірна швидкості частинок.
3. Ідеальний газ.
4. Розподіл Максвела-Больцмана.
5. Барометрична формула.
6. Частинки атмосфери в полі тяжіння планети.
7. Теорема про рівномірний розподіл енергії за степенями вільності.
8. Класична теорія теплоємності газів та твердих кристалічних тіл.
9. Закон Дюлонга-Пті.
10. Рівноважне електромагнітне випромінювання, як сукупність лінійних гармонічних осциляторів.
11. Частотний розподіл осциляторів континуума. Формула Релея-Джінса.

12. Вільна енергія реального газу.
13. "Парні" взаємодії.
14. Сили Ван – дер – Ваальса.
15. Сили взаємодії між молекулами.
16. Рівняння стану неідеального газу (рівняння Ван – дер - Ваальса).
17. Квантові особливості мікрооб'єктів і визначення мікростану у квантовій статистиці.
18. Хвильова функція.
19. Дискретність зміни енергії.
20. Спін. Принцип Паулі.
21. Основні співвідношення квантової статистичної фізики.
22. Квантовий мікроканонічний і канонічний розподіли.
23. Статистична сума.
24. Квантовий ідеальний газ.
25. Розподіли Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна.
26. Властивості розподілів Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна.
27. Порівняння класичного і квантового розподілів.
28. Температура виродження.
29. Сильно вироджений ферміонний та бозонний гази.
30. Бозе-Ейнштейнівська конденсація
31. Квантовий лінійний гармонічний осцилятор.
32. Середня енергія квантового лінійного гармонічного осцилятора.
33. Квантова теорія теплоємності твердих тіл (за Ейнштейном).
34. Квантова теорія теплоємності твердих тіл (за Дебаєм).
35. Функція Дебая.
36. Температура Дебая.
37. Формула Планка для рівноважного електромагнітного випромінювання.
38. Формула і закон зміщення Віна.
39. Закон Стефана-Больцмана.
40. івноважне випромінювання, як ідеальний газ фотонів.

Питання для підсумкового контролю

1. Макроскопічна система та її параметри.
2. Внутрішні та зовнішні термодинамічні параметри. Прості системи.
3. Ідеальний газ. Адитивні та інтенсивні параметри. Середнє значення фізичної величини. Поняття флуктуації. Постулати термодинаміки.
4. Квазістатичні і нестатичні процеси. Внутрішня енергія. Робота і теплота. Елементарна робота.
5. Мікроскопічне визначення стану системи. Фазовий простір.
6. Обчислення середніх значень фізичних величин – основне завдання статистичної фізики. Функція розподілу системи.
7. Теорема Ліувілля. Роль енергії у визначенні функції розподілу.
8. Мікроканонічний розподіл. Ергодна гіпотеза.
9. Система в термостаті. Канонічний розподіл Гіббса.
10. Аналіз канонічного розподілу Гіббса. Поняття температури.
11. Взаємозаміна мікроканонічного і канонічного розподілів. Поняття ентропії.
12. Закон зростання ентропії.
13. Термодинамічні параметри як середні значення відповідних мікроскопічних величин.
14. Узагальнена сила.
15. Вільна енергія системи.
16. Перше начало термодинаміки.
17. Вічний двигун першого роду.
18. Друге начало термодинаміки для квазістатичних процесів.
19. Рівність Клаузіуса.
20. Друге начало термодинаміки для нестатичних процесів.
21. Нерівність Клаузіуса. Вічний двигун другого роду. Цикл Карно.
22. Оборотні і необоротні процеси.
23. Характеристичні функції.

24. Поняття ентальпії
25. Система зі змінним числом частинок.
26. Термодинамічний потенціал Ω.
27. Неаддитивність ентропії ідеального газу.
28. Парадокс Гіббса.
29. Умова рівноваги ізольованої системи.
30. Розподіл Гіббса для системи зі змінним числом частинок.
31. Теплова теорема Нернста (третє начало термодинаміки).
32. Характеристичні функції
33. Розподіл Максвела.
34. Середня, середньоквадратична та найбільш ймовірна швидкості частинок.
35. Ідеальний газ.
36. Розподіл Максвела-Больцмана.
37. Барометрична формула.
38. Частинки атмосфери в полі тяжіння планети.
39. Теорема про рівномірний розподіл енергії за степенями вільності.
40. Класична теорія теплоємності газів та твердих кристалічних тіл.
41. Закон Дюлонга-Пті.
42. Рівноважне електромагнітне випромінювання, як сукупність лінійних гармонічних осциляторів.
43. Частотний розподіл осциляторів континуума. Формула Релея-Джінса.
44. Вільна енергія реального газу.
45. "Парні" взаємодії.
46. Сили Ван – дер – Ваальса.
47. Сили взаємодії між молекулами.
48. Рівняння стану неідеального газу (рівняння Ван – дер - Ваальса).
49. Квантові особливості мікрооб'єктів і визначення мікростану у квантовій статистиці.
50. Хвильова функція.
51. Дискретність зміни енергії.
52. Спін. Принцип Паулі.
53. Основні співвідношення квантової статистичної фізики.
54. Квантовий мікроканонічний і канонічний розподіли.
55. Статистична сума.
56. Квантовий ідеальний газ.
57. Розподіли Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна.
58. Властивості розподілів Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна.
59. Порівняння класичного і квантового розподілів.
60. Температура виродження.
61. Сильно вироджений ферміонний та бозонний гази.
62. Бозе-Ейнштейнівська конденсація
63. Квантовий лінійний гармонічний осцилятор.
64. Середня енергія квантового лінійного гармонічного осцилятора.
65. Квантова теорія теплоємності твердих тіл (за Ейнштейном).
66. Квантова теорія теплоємності твердих тіл (за Дебаєм).
67. Функція Дебая.
68. Температура Дебая.
69. Формула Планка для рівноважного електромагнітного випромінювання.
70. Формула і закон зміщення Віна.
71. Закон Стефана-Больцмана.
72. івноважне випромінювання, як ідеальний газ фотонів.

Зарахування результатів неформальної освіти

Відповідно до «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти, в системі формальної освіти) у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича (протокол № 109 від 28 березня 2022 року)

(https://www.chnu.edu.ua/media/3aykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf) у процесі вивчення дисципліни здобувачу освіти може бути зараховано до 25% балів, отриманих за результатами неформальної та/ або інформальної освіти з проблем, що відповідають тематиці курсу.

Рекомендована література

Основна література

1. Королюк С., Мельничук С., Валь О. Основи статистичної фізики та термодинаміки. Чернівці, Книги-XXI, 2004.- 347 с.
2. Федорченко А.М. Вступ до курсу статистичної фізики та термодинаміки.- К.: Вища школа, 1973. – 187с.
3. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Т.2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика.- К.: Вища школа.- 1993.- 415 с.
4. Конспект лекцій з курсу "Термодинаміка та статистична фізика" / В. В. Рубіш ; рец. : М. І. Гайсак, М. І. Карбованець ; МОН України, ДВНЗ "Ужгор. нац. ун-т", Каф. теорет. фізики. – Ужгород : ДВНЗ "УжНУ", 2015. –155 с. : іл. – Бібліогр.: с. 155.
5. Єрмолаєв О. М., Рашба Г. І. Вступ до статистичної фізики термодинаміки: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ, 2004. – 516 с.

Допоміжна література

1. Основи статистичної термодинаміки та елементи нанотермодинаміки. Практичні заняття зі статистичної фізики та термодинаміки. Частина 1 :навчальний посібник / І. О. Мороз, О. М. Завражна. – Суми : Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – 240 с.
2. Сто задач з термодинаміки та статистичної фізики Укладачі: О. В. Гомонай, Д. В. Філін, О. В. Кравцов: Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.

Інформаційні ресурси

1. https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=5934 - Сайт дистанційної освіти ЧНУ.

Політика щодо академічної доброчесності

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни регламентовано такими документами:
- «Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/media/jxdbs0zb/etychnyi-kodeks-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu.pdf
- «Положення про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/media/f5eleobm/polozhennya-pro-zapobihannia-plahiatu_2024.pdf

Дотримання академічної доброчесності передбачає:

• самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);

• посилання на джерела інформації у разі використання не авторських ідей, розробок, тверджень, відомостей і т.п.;

• дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;

• надання достовірної інформації про результати власної наукової діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

Порушенням академічної доброчесності вважається:

• академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства;

• фабрикація – вигадування даних чи фактів, що використовуються в наукових дослідженнях;

• фальсифікація – свідома зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються наукових досліджень.

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності:

• повторне проходження оцінювання (модульний контроль, іспит, залік тощо);
• повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої програми.